

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2003年10月30日 (30.10.2003)

PCT

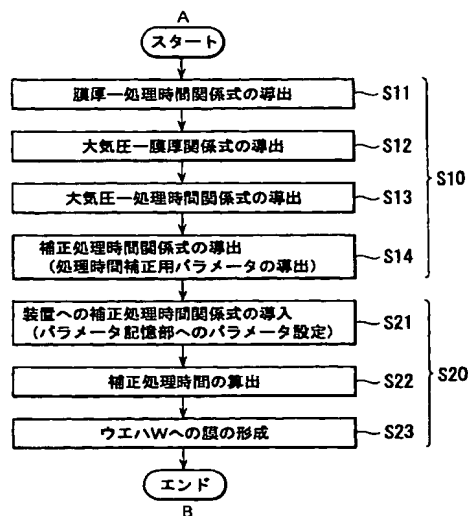
(10) 国際公開番号
WO 03/090271 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01L 21/31
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/04718
- (22) 国際出願日: 2003年4月14日 (14.04.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-117672 2002年4月19日 (19.04.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 松浦 廣行 (MAT-SUURA, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 東京エレクトロン株式会社内 Tokyo (JP). 高橋 豊 (TAKAHASHI, Yutaka) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 東京エレクトロン株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 鈴江 武彦, 外 (SUZUYE, Takehiko et al.); 〒100-0013 東京都千代田区霞が関3丁目7番2号 鈴榮特許綜合法律事務所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): CN, KR, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (DE, FR, GB, IT, NL).

[続葉有]

(54) Title: FILM FORMATION METHOD

(54) 発明の名称: 成膜方法



A...START
 S11...CREATE FILM THICKNESS-TREATMENT TIME RELATIONSHIP EXPRESSION
 S12...CREATE ATMOSPHERE-FILM THICKNESS RELATIONSHIP EXPRESSION
 S13...CREATE ATMOSPHERE-PROCESSING TIME RELATIONSHIP EXPRESSION
 S14...CREATE CORRECTION TREATMENT TIME RELATIONSHIP EXPRESSION (CREATE PARAMETER FOR TREATMENT TIME CORRECTION)
 S21...INTRODUCE THE CORRECTION TREATMENT TIME RELATIONSHIP EXPRESSION TO DEVICE (SET PARAMETER IN PARAMETER STORAGE UNIT)
 S22...CALCULATE CORRECTION TREATMENT TIME
 S23...FORM FILM ON WAFER
 B...END

(57) Abstract: A film formation method includes a preparatory stage (S10) and a treatment stage (S20). In the preparatory stage (S10), a treatment time correction equation for correcting the treatment time according to the atmosphere is created according to a first relationship expression showing the relationship between the film thickness and the treatment time and a second relationship expression showing the relationship between the atmosphere and the film thickness (S11 to S14). In the treatment stage (S20), the treatment time is corrected according to the treatment time correction equation created and the current atmosphere measured and film formation is performed according to the corrected treatment time (S21 to S23).

(57) 要約: 成膜方法は予備ステージ (S10) と処理ステージ (S20) とを含む。予備ステージ (S10) では、膜厚と処理時間との関係を表す第1の関係式及び大気圧と膜厚との関係を表す第2の関係式に基づき、大気圧に対応して処理時間を補正するための処理時間補正式が導出される (S11~S14)。処理ステージ (S20) では、導出された処理時間補正式及び現在の大気圧の測定結果に基づいて処理時間が補正され、補正された処理時間に基づいて成膜が行われる (S21~S23)。



添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

成膜方法

技術分野

本発明は、成膜方法、成膜処理時間補正式の導出方法、成膜装置、及び導出方法のプログラムに関する。特に、本発明は半導体処理用の成膜方法の改良に関する。なお、ここで、半導体処理とは、半導体ウエハやLCD基板等の被処理基板上に半導体層、絶縁層、導電層等を所定のパターンで形成することにより、該被処理基板上に半導体デバイスや、半導体デバイスに接続される配線、電極等を含む構造物を製造するために実施される種々の処理を意味する。

背景技術

半導体製造プロセスにおいて、半導体ウエハへの成膜を行う装置の一つにバッチ処理を行う縦型熱処理装置がある。この装置では、ウエハボート等の保持具に多数枚のウエハを棚状に保持する。この保持具を縦型の熱処理炉の中に搬入して、酸素等の反応ガスを供給して成膜を行う。熱処理装置内に供給する反応ガスのガス種に応じて、ウエハ上に酸化膜等を形成できる。

熱処理炉内のガス圧は大気圧を基準に測定されるのが通例である。例えば、大気圧との差圧に基づきガス圧を測定する相対圧センサが用いられる。このため、大気圧と熱処理炉内のガス圧（絶対圧）との双方が変動した場合には、測定値上では熱処理炉内のガス圧の変動を確認できないことがある。この結果、大気圧の変動に起因して、形成される膜厚が変動

する可能性がある。

発明の開示

本発明は、成膜処理において、大気圧の変動に起因する膜厚の変動を低減することを目的とする。

本発明の第1の視点によれば、成膜方法が提供され、これは、成膜方法であって、予備ステージと処理ステージとを具備する。前記予備ステージは、異なる処理時間で夫々の膜を形成する第1の成膜ステップと、前記第1の成膜ステップで形成された膜の膜厚を測定する第1の測定ステップと、前記第1の測定ステップで測定された測定データに基づき、膜厚と処理時間との関係を表す第1の関係式を導出する第1の導出ステップと、異なる大気圧を基準に処理ガス圧を制御して夫々の膜を形成する第2の成膜ステップと、前記第2の成膜ステップで形成された膜の膜厚を測定する第2の測定ステップと、前記第2の測定ステップで測定された測定データに基づき、大気圧と膜厚との関係を表す第2の関係式を導出する第2の導出ステップと、前記第1及び第2の導出ステップで導出された前記第1及び第2の関係式に基づき、大気圧の変動に応じて処理時間を補正するための処理時間補正式を導出する第3の導出ステップと、を具備する。前記処理ステージは、現在の大気圧の測定結果及び前記第3の導出ステップで算出された前記処理時間補正式に基づき処理時間を補正する補正ステップと、前記補正ステップで補正された処理時間に基づき大気圧を基準に処理ガス圧を制御して膜を形成する成膜ステップと、を具備する。

第 1 の視点に係る方法において、前記予備ステージでは、膜厚と処理時間との関係を表す第 1 の関係式及び大気圧と膜厚との関係を表す第 2 の関係式に基づき、大気圧に対応して処理時間を補正するための処理時間補正式が導出される。前記処理ステージでは、導出された処理時間補正式及び現在の大気圧の測定結果に基づいて処理時間が補正され、補正された処理時間に基づいて成膜が行われる。このように処理時間補正式に基づいて大気圧に対応して処理時間が補正されるので、大気圧の変動に起因する膜厚の変動を低減することができる。

ここでいう「大気圧を基準に処理ガス圧を制御」することには、例えば大気圧を基準とするガス圧測定器（一例として、大気圧との差圧に基づきガス圧を測定する相対圧センサ）により処理室内のガス圧を制御することが挙げられる。この制御は手動、自動のいずれで行われてもよい。例えば、処理室内へのガスの流量、処理室内からの排気量のいずれか、または双方を調節することで、処理室内のガス圧を制御できる。

なお、第 1 の成膜ステップ、第 1 の測定ステップ、第 1 の測定ステップと第 2 の成膜ステップ、第 2 の測定ステップ、第 2 の測定ステップの前後関係はさほど問題とならない。例えば第 1 の成膜ステップに先んじて第 2 の成膜ステップを実行しても、第 1 の測定ステップに先んじて第 2 の測定ステップを実行しても、あるいは第 1 の導出ステップに先んじて第 2 の導出ステップを実行してもよい。要するに第 3 の導出ステップの際に第 1 及び第 2 の関係式の双方が導出されていれ

ばよい。

本発明の第2の視点によれば、大気圧を基準に処理ガス圧を制御して成膜を行う際の処理時間を大気圧の変動に応じて補正するための処理時間補正式を導出する成膜処理時間補正式の導出方法が提供され、これは、第1の測定データに基づき、膜厚と処理時間との関係を表す第1の関係式を導出する第1の導出ステップと、第2の測定データに基づき、大気圧と膜厚との関係を表す第2の関係式を導出する第2の導出ステップと、前記第1及び第2の導出ステップで導出された前記第1及び第2の関係式に基づき、大気圧の変動に応じて処理時間を補正するための処理時間補正式を導出する第3の導出ステップと、を具備する。

本発明の第3の視点によれば、成膜装置が提供され、これは、基板を配置する処理室と、前記処理室内に反応ガスを供給するガス供給系と、大気圧を測定する大気圧測定器と、大気圧の変動に対応して処理時間を補正するための処理時間補正式を記憶する記憶部と、前記記憶部に記憶された処理時間補正式に基づいて、処理時間を補正する処理時間補正部と、前記大気圧測定器による測定結果及び前記処理時間補正部により補正された処理時間に基づいて、前記ガス供給系を制御する制御部と、を具備する。

第3の視点に係る装置において、ガス圧測定器による測定結果に基づき、処理時間補正部による処理時間の補正が行われ、補正された処理時間に基づき成膜処理が行われる。この結果、大気圧の変動に起因する膜厚の変動を低減することが

できる。

図面の簡単な説明

図 1 は本発明の実施形態に係る半導体処理用の成膜装置である縦型熱処理装置を示す一部断面図。

図 2 は大気圧による膜厚の変動を防止するための手順の一例を示すフローチャート。

図 3 は膜厚－処理時間関係式の一例を示すグラフ。

図 4 は大気圧－膜厚関係式の一例を示すグラフ。

図 5 は大気圧－処理時間関係式の一例を示すグラフ。

図 6 は補正処理時間関係式の一例を示すグラフ。

発明を実施するための最良の形態

本発明の実施の形態について図面を参照して以下に説明する。

図 1 は本発明の実施形態に係る半導体処理用の成膜装置である縦型熱処理装置を示す一部断面図である。縦型熱処理装置 10 は、図 1 に示すように、例えば石英で作られ、上端が塞がれた反応管 12 を有する。反応管 12 内には、多数枚例えば 150 枚の基板をなす半導体ウエハ W（製品ウエハ）が各々水平な状態で上下に間隔をおいて保持具であるウエハポート 13 に棚状に載置される。ウエハポート 13 は蓋体 14 の上に保温筒（断熱体）15 を介して保持される。

蓋体 14 は、ウエハポート 13 を反応管 12 内に搬入、搬出するためのポートエレベータ 16 の上に搭載される。蓋体 14 は、上限位置にあるとき、反応管 12 で構成される処理容器の下端開口部を閉塞する役割を持つ。

反応管 1 2 の周囲には例えば抵抗加熱体よりなるヒータ 1 7 が配設され、電力コントローラ 1 8 により発熱量を制御される。反応管 1 2 の内壁には、熱電対等の温度センサ S が設置され（図示せず）、加熱炉内の温度が測定される。

反応管 1 2 には、反応管 1 2 内にガスを供給するためのガス供給管 2 1 が接続される。ガス供給管 2 1 上には、水素ガスと酸素ガスとを混合して燃焼する燃焼室 2 3 が配設される。燃焼室 2 3 で水素ガスと酸素ガスとから生成された水蒸気（反応ガス）は、窒素ガス（キャリアガス）と混合されてガス供給管 2 1 から反応管 1 2 内に供給される。

水素ガス、酸素ガス、窒素ガスの流量は、例えばマスフローコントローラなどの流量調整器（図示せず）により個別に調節できる。例えば、水素ガスの供給を停止することで、反応ガスとして水蒸気に替えて酸素ガスを用いることが可能となる。また、反応ガス（水蒸気または酸素）とキャリアガス（窒素ガス）との混合比を適宜に変更することもできる。

反応管 1 2 にはまた、反応管 1 2 内を排気するための排気管 3 1 が接続される。排気管 3 1 は途中で配管 3 2、3 3 の 2 手に分かれる。配管 3 2 は、排気を冷却する冷却器 3 4、バルブ 3 5 を経由して工場内排気系統（図示せず）に接続される。一方、配管 3 3 は、排気に含まれる水を捕獲するトラップ 3 6、バルブ 3 7 を経由して工場内排水系統（図示せず）に接続される。トラップ 3 6 に捕獲された水は、バルブ 3 7 を開くことで工場内排水系統に排出される。

排気配管 3 2 の途中には、反応管 1 2 内の圧力を測定する

ため圧力センサ 38 が接続される。圧力センサ 38 は、大気圧を基準として反応管 12 内の圧力を測定する。具体的には、圧力センサ 38 は大気圧との差圧に基づき反応管 12 内の圧力を測定する相対圧測定器である。

反応管 12 内の圧力は、反応ガス及びキャリアガスの流量を調節すること、またはバルブ 35 の開閉量を変化させて反応管 12 からの排気量を調節することで制御できる。ガス流量と排気量とのバランスによって反応管 12 内の圧力が定まる。なお、ガス流量と排気量との双方を変化させて、反応管 12 内の圧力を制御してもよい。

このような反応管 12 内の圧力制御の際に、圧力センサ 38 の測定結果が参照される。即ち、圧力センサ 38 の測定結果に基づき反応管 12 内の圧力が制御される。圧力センサ 38 の測定結果に基づく反応管 12 内の圧力制御は、手動によって行うこともできるし、後述する情報処理ユニット 100 等で自動的に行うことも可能である。

熱処理装置 10 は、大気圧を測定する大気圧センサ 40 を有する。後述するように、大気圧センサ 40 による大気圧の測定結果に基づいて処理時間を補正する。これにより、大気圧の変動に基づく膜厚の変動を防止できる。

また、熱処理装置 10 は、成膜処理を制御するための情報処理ユニット 100 を有する。例えば、情報処理ユニット 100 は、反応管 12 内のガス流量、圧力、反応管 12 内の処理雰囲気温度といった処理パラメータを制御する。情報処理ユニット 100 は、電力コントローラ 18 等に制御信号を

出力する。

< 情報処理ユニット 100 の詳細 >

情報処理ユニット 100 は、近似式記憶部 101、パラメータ記憶部 102、補正処理時間算出部 103、制御部 104 を有する。

近似式記憶部 101 は、大気圧の変動に対応して処理時間の補正を行うための補正処理時間関係式としての近似式を記憶する。本実施形態では、後述するように補正処理時間関係式が一次近似式として表されることから、近似式記憶部 101 に記憶された近似式の形式は一次式である。

パラメータ記憶部 102 は、近似式記憶部 101 に記憶された補正処理時間関係式としての近似式に対応するパラメータを記憶する。ここでは、近似式が一次式であることから、最低 2 つのパラメータのセットを記憶することになる。このセットは 2 つ以上のパラメータから構成されてもよい。パラメータ記憶部 102 に補正処理時間関係式が適用できる処理条件を併せて記憶してもよい。

以上から判るように、近似式記憶部 101 とパラメータ記憶部 102 とを併せることで補正処理時間関係式を記憶する記憶部が構成される。

補正処理時間算出部 103 は、大気圧に対応して補正された処理時間を算出するものであり、処理時間補正部として機能する。この算出に際して大気圧センサ 40 の測定結果が用いられる。

制御部 104 は、補正処理時間算出部 103 によって算出

された補正処理時間等に基づいて、電力コントローラ 18 を制御する。なお、制御部 104 が、流量調整器（図示せず）を調節することで、目標とするガス圧 P の制御を行ってもよい。

<大気圧の変動に起因する膜厚の変動を防止する手順の詳細>

本実施形態では、大気圧に対応して処理時間を補正することで、大気圧の変動に起因する膜厚の変動を防止する。図 2 は大気圧による膜厚の変動を防止するための手順を示すフローチャートである。図 2 に示すように、膜厚の変動防止の手順は、ステージ S 10、S 20 に区分することができる。ステージ S 10 では、大気圧と補正された処理時間との関係を表す関係式（補正処理時間関係式）の導出を行う。ステージ S 20 では、導出された補正処理時間関係式を用いてウエハ W への成膜を行う。

A. ステージ S 10 : 補正処理時間関係式の導出

ステージ S 10 は、図 2 に示すように、ステップ S 11 ~ S 14 に更に区分することができる。以下、ステップ S 11 ~ S 14 に区分して詳細に説明する。

ステップ S 11 :

熱処理装置 10 により熱処理されたウエハ W の膜厚 X と処理時間 T との関係を表す膜厚－処理時間関係式（X－T 関係式）を導出する。この導出は、以下のサブステップ S 11-1 ~ S 11-3 の手順で行う。

サブステップ S 11-1 :

熱処理装置 10 を用いて異なる処理時間で複数のウエハ W を夫々熱処理する。即ち、複数のウエハ W を夫々処理時間を異ならせて熱処理（成膜処理）する。

本実施形態では、膜厚－処理時間関係式に 1 次近似式を用いる。このため、理論的には処理時間を 2 段階に変化すれば良いことになる。しかし、正確な膜厚－処理時間関係式を導出するためには、処理時間を 3 段階以上に变化させ、且つサンプルとなるウエハ W の枚数も多い方が好ましい。

この熱処理に際して大気圧 P がほぼ一定となるようにする。これは、後のサブステップ S 11－3 で導出する膜厚－処理時間関係式に大気圧の変動が影響しないようにするためである。このときの大気圧 P は後述する基準大気圧 P_r に近いことが好ましいが、必ずしもこれに拘束される訳ではない。

この熱処理を行う熱処理装置はステージ S 20 で成膜を行うための熱処理装置 10 そのものであることが好ましい。しかし、同一タイプの熱処理装置を代わりに用いることもできる。

サブステップ S 11－2：

熱処理されたウエハ W の膜厚を測定する。この膜厚測定は例えばエリプソメーター等の光学的な手法を用いて行うことができる。

サブステップ S 11－3：

膜厚の測定結果に基づき、膜厚－処理時間関係式を導出する。この関係式の一例を図 3 にグラフ G 1 として示す。ここでは、処理時間を T_1 、 T_2 と 2 段階に変化させたときのウ

エハWの膜厚が夫々X₁、X₂であるとして、一次近似としての膜厚－処理時間関係式を導出している。この関係式は時間T、膜厚Xとしたとき、具体的には以下の式(1)のように表される。なお、既に述べたように、処理時間の変化数及びウエハWの個数が多い方が好ましい。この場合、自乗平均法等の統計的な手法を用いてより正確な近似式を導出できる。

$$T = A * X + B \quad \dots \dots (1)$$

ここで一次近似を用いているのは、処理時間の変化幅がある程度制限されていれば、測定結果より確実に一次近似で表すことができるからである。

例えば、酸化膜にはDeal-Groveの式が知られている。この場合、処理時間Tに対して膜厚Xは以下の式(2)のような2次式となっている。

$$X^2 + K_1 * X = K_2 (T + \tau) \quad \dots \dots (2)$$

式(2)は理論的見地から求められたものであるが、現実の測定結果を全て説明できる訳ではない。即ち、測定結果に基づいて式(2)のパラメータK₁、K₂、 τ を算出しようとしても、算出が困難な場合がある(いわゆるカーブフィッティングができない)。

以上から、本実施形態においては、取り扱いが容易な一次近似式によって膜厚－処理時間関係式を表す。この関係式が、処理時間に対する膜厚ではなく(横軸：処理時間)、膜厚に対する処理時間(横軸：膜厚)であるのは、後述するように、膜厚の変化を処理時間として換算することを容易にするためである。但し、これは本質的なことではなく、処理時間に対

する膜厚の関係式として導出してもよい。

ステップ S 1 2 :

大気圧 P と熱処理装置 1 0 により熱処理されたウエハ W の膜厚 X との関係を表す大気圧－膜厚関係式 (P - X 関係式) を導出する。この導出は、以下のサブステップ S 1 2 - 1 ~ S 1 2 - 3 の手順で行う。

サブステップ S 1 2 - 1 :

異なる大気圧 P において、所定の処理時間でウエハ W を熱処理装置 1 0 により熱処理する。即ち、複数のウエハ W を夫々異なる大気圧のときに熱処理する。この所定の処理時間は、後述する基準処理時間 T_r に近いことが好ましいが、必ずしもこれに拘束される訳ではない。

なお、膜厚－処理時間関係式の場合と同様に、大気圧－膜厚関係式に 1 次近似式を用いることが好ましい。また、正確に關係式を導出するために処理時間を 3 段階以上に變化させ、且つサンプルとなるウエハ W の枚数も多い方が好ましい。また、この熱処理を行う熱処理装置は、ステップ S 1 1 と同様に、ステージ S 2 0 で成膜を行うための熱処理装置 1 0 そのものであることが好ましい。しかし、同一タイプの熱処理装置を代わりに用いることもできる。

サブステップ S 1 2 - 2 :

熱処理されたウエハ W の膜厚を測定する。この膜厚測定はステップ S 1 1 と同様エリプソメーター等の光学的な手法を用いて行うことができる。

サブステップ S 1 2 - 3 :

膜厚の測定結果に基づき、大気圧－膜厚関係式を導出する。この関係式の一例を図4にグラフG2として示す。ここでは、大気圧をP1、P2と2段階に変化させたときのウエハWの膜厚が夫々X3、X4であるとして、一次近似としての膜厚－処理時間関係式を導出している。この関係式は大気圧P、膜厚Xとしたとき具体的には以下の式(3)のように表される。なお、ステップS11と同様に、大気圧の変化の段数及びウエハWの個数を多くして、自乗平均法等の統計的な手法を用いてより正確な近似式を導出する方が好ましい。

$$X = F * P + C \quad \dots \dots (3)$$

ステップS13：

大気圧Pと処理時間Tとの関係を表す大気圧－処理時間関係式(P－T関係式)を導出する。この導出は、式(3)を式(1)に代入することによって行える。式(3)を式(1)に代入すると、以下の式(4)が導出される。

$$\begin{aligned} T &= A * (F * P + C) + B \\ &= A * F * P + A * C + B \quad \dots \dots (4) \end{aligned}$$

ここで、 $\alpha = A * F$ 、 $\beta = A * C + B$ とおくと、以下の式(5)が導出される。

$$T = \alpha * P + \beta \quad \dots \dots (5)$$

式(5)で表された大気圧－処理時間関係式は、式(1)に式(3)を代入したことから判るように、大気圧Pによって生じる膜厚Pの変動を処理時間Tに換算して表したものである。この大気圧－処理時間関係式の一例を図5にグラフG3として表す。

この大気圧－処理時間関係式（グラフ G 5）は、基準大気圧 P_r 、基準処理時間 T_r を通る直線として表される。その有効範囲は大気圧 $P_{min} \sim P_{max}$ （処理時間 $T_{min} \sim T_{max}$ ）となっている。

大気圧－処理時間関係式の有効範囲が定められているのは、この関係式（式（5））が一次近似式である式（1）、（3）に基づいて算出されたことを考慮したものである。一次近似式は基準値（この場合は、基準大気圧 P_r 、基準処理時間 T_r ）から外れるほど実測値とのズレが大きくなる。このため、基準値からある程度の幅以内で式（5）を適用することで、実際の値との相違が生じるのを抑えている。

基準大気圧 P_r はある程度任意に決めることができる。しかし、ステップ S 1 3 で大気圧－処理時間関係式の導出に用いた大気圧 P の範囲内、且つ実際に起こりうる大気圧 P の範囲の中心値に近いものを利用するのが好ましい。これは、大気圧－処理時間関係式の有効性をより確実にするためである。

大気圧－処理時間関係式の有効範囲は、例えば図 4 に示す大気圧－膜厚関係式（近似式）が実測値とどの範囲で一致しているか否かに基づいて定めることができる。また、便宜的な手法として基準大気圧 P_r に対する割合に基づいて定めることができる。この一例として、以下の式（6）を示すことができる。経験上、基準大気圧 P_r に対して 10 % 程度の範囲内であれば、大気圧に対する膜厚（処理時間で換算）の変化の直線性が確保できる。

$$P_{max} = P_r + 0.1 * P_r$$

$$P_{min} = P_r - 0.1 * P_r \quad \dots \dots (6)$$

処理時間の範囲 T_{min} 、 T_{max} は、大気圧の範囲 P_{min} 、 P_{max} から以下の式 (7) で自動的に定まる。なお、式 (7) において、 $T(P)$ は前述の式 (5) で表される。

$$T_{max} = T(P_{max})$$

$$T_{min} = T(P_{min}) \quad \dots \dots (7)$$

ステップ S 1 4 :

大気圧 P に対して補正した処理時間 T_c を表す補正処理時間関係式 ($T_c(P)$) を導出する。この関係式を導出する考え方を図 6 に示す。ここで、グラフ G_3 、 G_c は夫々大気圧－処理時間関係式 (ステップ S 1 3 で導出済) 及びこれから導出する補正処理時間関係式 ($T_c(P)$) を表す。

既に述べたように、補正処理時間関係式は、大気圧 P の変動に対応して処理時間を補正することにより、大気圧の変動に起因する膜厚の変動を防止するためのものである。具体的には、大気圧が基準値 (基準大気圧 P_r) から増えたときに処理期間を基準値 (基準処理時間 T_r) より減らす。大気圧が基準値から減ったときに処理時間を基準値より増やす。これにより、大気圧 P の変動に対応することができる。即ち、補正処理時間関係式を示すグラフ G_c は、基準大気圧 P_r 、基準処理時間 T_r を通り、グラフ G_3 と傾きの正負が逆になっている。

大気圧 P のときの処理時間 (実際には膜厚を処理時間に換算したもの) を T 、補正処理時間を T_c とする。ここで、グ

ラフ G 3、G c の傾きの正負が逆転していることから、以下の式 (8) を導き出すことができる。

$$T - T_r = T_r - T_c \quad \dots \dots (8)$$

式 (8) から以下のようにして、補正処理時間 T_c を表す以下の式 (9) を導くことができる。なお、式 (9) の導出に際しては、式 (4) を代入すると共に、 $\gamma = 2 T_r - \beta$ と定義している。

$$\begin{aligned} T_c (P) &= T_c \\ &= 2 T_r - T \\ &= 2 T_r - (\alpha * P + \beta) \\ &= -\alpha * P + (2 T_r - \beta) \\ &= -\alpha * P + \gamma \quad \dots \dots (9) \end{aligned}$$

式 (9) は P_r を用いて変形し、以下の式 (9-1) することもできる。

$$\begin{aligned} T_c (P) &= 2 T_r - T \\ &= 2 (\alpha * P_r + \beta) - (\alpha * P + \beta) \\ &= -\alpha * P + (2 \alpha * P_r + \beta) \\ &= -\alpha * P + \gamma \quad \dots \dots (9-1) \end{aligned}$$

式 (9)、(9-1) は、 $T_r = \alpha * P_r + \beta$ の関係があることから、いずれにしる同一の形で表される。

既に述べたように補正処理時間関係式は近似式であり、その有効範囲がある程度限定される。このため、目標膜厚等の成膜条件 (レシピ) 毎に補正処理時間関係式を別途に導出し、成膜条件に応じて適切な補正処理時間関係式を選択するのが好ましい。

以上に示したステップ S 1 1 ~ S 1 4 において、熱処理は既述のように原則としてステージ S 2 0 での成膜を行う熱処理装置 1 0（そのものまたは同一のタイプ）によって行われることが望ましい。

関係式の導出は、コンピュータを用いて行うのが便宜である。関係式の導出に付随して、図 3 ~ 図 6 のようなグラフ表示により実測値（膜厚等）と関係式との対応関係を示してもよい。

コンピュータとしては、熱処理装置 1 0 に直接的な関連があるもの（例えば、熱処理装置 1 0 の情報処理ユニット 1 0 0、あるいは熱処理装置 1 0 にネットワークで接続されたホストコンピュータ）を使用することができる。また、コンピュータとして、熱処理装置 1 0 に直接的な関連性のないものを用いることもできるが、熱処理装置 1 0 と通信可能であれば、次のステップ S 2 1（熱処理装置 1 0 への補正処理時間関係式の導入）が容易になる。

コンピュータに用いるソフトウェアとしては、専用または汎用のソフトウェアのいずれでもよい。本実施形態に用いる汎用のソフトウェアの一例として、MICRO SOFT 社の「Excel」を挙げることができる。

導出された補正処理時間関係式は式（9）のパラメータ α 、 γ で表される。また、基準値（基準大気圧 P_r 、基準処理時間 T_r のいずれかまたは双方）や有効範囲（処理時間の範囲： T_{min} 、 T_{max} 、大気圧の範囲： P_{min} 、 P_{max} ）も補正処理時間関係式を誤りなく用いるために意義があ

る。即ち、基準値に近いほど補正処理時間関係式の信頼性が高く、有効範囲外ではその信頼性が保証し難くなる。

ここで、パラメータ α 、 γ はパラメータ A、B、F、C より導出される。このため、パラメータ α 、 γ に代えてパラメータ A、B、F、C を用いて補正処理時間関係式を表してもよい。以上から、一例としてパラメータ A、B、F、C、基準処理時間 T_r によって補正処理時間関係式及びその有効範囲を表すことができる。なお、有効範囲が、式 (6)、(7) で示すように、基準処理時間 T_r によって表されるなら、有効範囲に関わるパラメータ (P_{min} 、 P_{max} 等) を別途用いる必要はない。

B. ステージ S 2 0 : 導出された補正時間関係式を用いた成膜

ステージ S 2 0 は、図 3 に示すように、ステップ S 2 1 ~ S 2 3 に更に区分することができる。以下、ステップ S 2 1 ~ S 2 3 に区分して説明する。

ステップ S 2 1 :

熱処理装置 1 0 に補正時間関係式を導入する。これは補正時間関係式に関わるパラメータ (例えば、パラメータ A、B、F、C、基準処理時間 T_r) をパラメータ記憶部 (パラメータテーブル) 1 0 2 に記憶させることによって行える。具体的には、記憶メディア (フレキシブルディスク、CD-ROM 等) やネットワークを通じて、情報処理ユニット 1 0 0 にパラメータを記憶させる。

既述のように、パラメータ記憶部 1 0 2 には目標膜厚等の

成膜条件（レシピ）毎に複数の補正処理時間関係式を記憶させ、成膜条件に応じて適切な補正処理時間関係式を選択するのが好ましい。この場合には、成膜条件を識別し、その選択を可能とするための何らかの情報（パラメータ等）をパラメータ記憶部 102 に記憶させるのが好ましい。

情報処理ユニット 100 の近似式記憶部 101 にはパラメータを代入する基礎となる近似式が記憶される。このため、パラメータのみをパラメータ記憶部 102 に記憶させることで、補正処理時間関係式を構成することが可能となる。

ステップ S 2 2 :

実際に成膜処理を開始する際（望ましくはステップ S 2 3 の直前）の現在の大気圧に対応する補正処理時間を算出する。この算出に先立ち大気圧センサ 40 による大気圧の測定が行われる。そして、パラメータ記憶部 102 に記憶された補正処理時間関係式用のパラメータ（例えば、パラメータ A、B、F、C、基準処理時間 T_r ）を、近似式記憶部 101 に記憶された近似式（一次近似式）に代入して補正処理時間関係式を導出する。更に、大気圧センサ 40 で測定された大気圧値を補正処理時間関係式に代入して、補正処理時間 T_c を算出する。この算出は、補正処理時間算出部 103 によって行われる。

なお、処理条件（処理レシピ）に対応して、複数の補正処理時間関係式のパラメータのセットがパラメータ記憶部 102 に記憶される場合もある。この場合には、目標とする処理条件の入力、及び入力された処理条件に対応するパラメータ

の選択が行われる。

ステップ S 2 3 :

算出された補正処理時間に基づく膜の形成が行われる。この処理は制御部 1 0 4 によって、算出された補正処理時間、目標とする処理温度 T 等に基づいて、流量調整器（図示せず）、電力コントローラ 1 8 を制御することによって行われる。

以上のように大気圧に対応して処理時間を増減する（処理時間を修正する）ことで、大気圧の変動に起因する膜厚の変動を低減することができる。

上述の実施形態は、本発明の技術的思想の範囲内で、拡張、変更が可能である。例えば、成膜装置は、縦型熱処理炉には限られない。また、基板は半導体ウエハには限られず、例えばガラス基板であってもよい。本発明は、反応ガスの種類（ガス種）には限定されず、例えば、酸素または水蒸気を酸化種として用いた酸化膜の形成一般に適用できる。また、本発明は、酸化膜の形成に限らず、大気圧の変動によって熱処理特性が変動する熱処理プロセス一般に適用することができる。

請 求 の 範 囲

1. 成膜方法であって、予備ステージと処理ステージとを具備し、

前記予備ステージは、

異なる処理時間で夫々の膜を形成する第1の成膜ステップと、

前記第1の成膜ステップで形成された膜の膜厚を測定する第1の測定ステップと、

前記第1の測定ステップで測定された測定データに基づき、膜厚と処理時間との関係を表す第1の関係式を導出する第1の導出ステップと、

異なる大気圧を基準に処理ガス圧を制御して夫々の膜を形成する第2の成膜ステップと、

前記第2の成膜ステップで形成された膜の膜厚を測定する第2の測定ステップと、

前記第2の測定ステップで測定された測定データに基づき、大気圧と膜厚との関係を表す第2の関係式を導出する第2の導出ステップと、

前記第1及び第2の導出ステップで導出された前記第1及び第2の関係式に基づき、大気圧の変動に応じて処理時間を補正するための処理時間補正式を導出する第3の導出ステップと、

を具備し、

前記処理ステージは、

現在の大気圧の測定結果及び前記第3の導出ステップで算

出された前記処理時間補正式に基づき処理時間を補正する補正ステップと、

前記補正ステップで補正された処理時間に基づき大気圧を基準に処理ガス圧を制御して膜を形成する成膜ステップと、を具備する。

2. 前記第3の導出ステップが、

前記第1及び第2の関係式に基づき大気圧と処理時間との関係を表す第3の関係式を導出する関係式導出ステップと、

前記関係式導出ステップで導出された第3の関係式に基づき、前記処理時間補正式を導出する補正式導出ステップと、を具備する請求の範囲1に記載の方法。

3. 前記第1及び第2の関係式の少なくとも一方が一次近似式である請求の範囲1に記載の方法。

4. 大気圧を基準に処理ガス圧を制御して成膜を行う際の処理時間を大気圧の変動に応じて補正するための処理時間補正式を導出する成膜処理時間補正式の導出方法であって、

第1の測定データに基づき、膜厚と処理時間との関係を表す第1の関係式を導出する第1の導出ステップと、

第2の測定データに基づき、大気圧と膜厚との関係を表す第2の関係式を導出する第2の導出ステップと、

前記第1及び第2の導出ステップで導出された前記第1及び第2の関係式に基づき、大気圧の変動に応じて処理時間を補正するための処理時間補正式を導出する第3の導出ステップと、

を具備する。

5. 前記第3の導出ステップが、
前記第1及び第2の関係式に基づき大気圧と処理時間との関係を表す第3の関係式を導出する関係式導出ステップと、
前記関係式導出ステップで導出された第3の関係式に基づき、前記処理時間補正式を導出する補正式導出ステップと、
を具備する請求の範囲4に記載の方法。

6. 前記第1及び第2の関係式の少なくとも一方が一次近似式である請求の範囲4に記載の方法。

7. 成膜装置であって、
基板を配置する処理室と、
前記処理室内に反応ガスを供給するガス供給系と、
大気圧を測定する大気圧測定器と、
大気圧の変動に対応して処理時間を補正するための処理時間補正式を記憶する記憶部と、
前記記憶部に記憶された処理時間補正式に基づいて、処理時間を補正する処理時間補正部と、
前記大気圧測定器による測定結果及び前記処理時間補正部により補正された処理時間に基づいて、前記ガス供給系を制御する制御部と、
を具備する。

8. 前記記憶部が、複数の成膜処理条件夫々に対応した複数の前記処理時間補正式を記憶し、

前記成膜装置が、前記複数の処理時間補正式から所望の成膜処理条件に対応する処理時間補正式を選択する補正式選択部を更に具備する、

請求の範囲 7 に記載の装置。

9. 請求の範囲 4 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の成膜処理時間補正式の導出方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記憶する媒体。

1/3

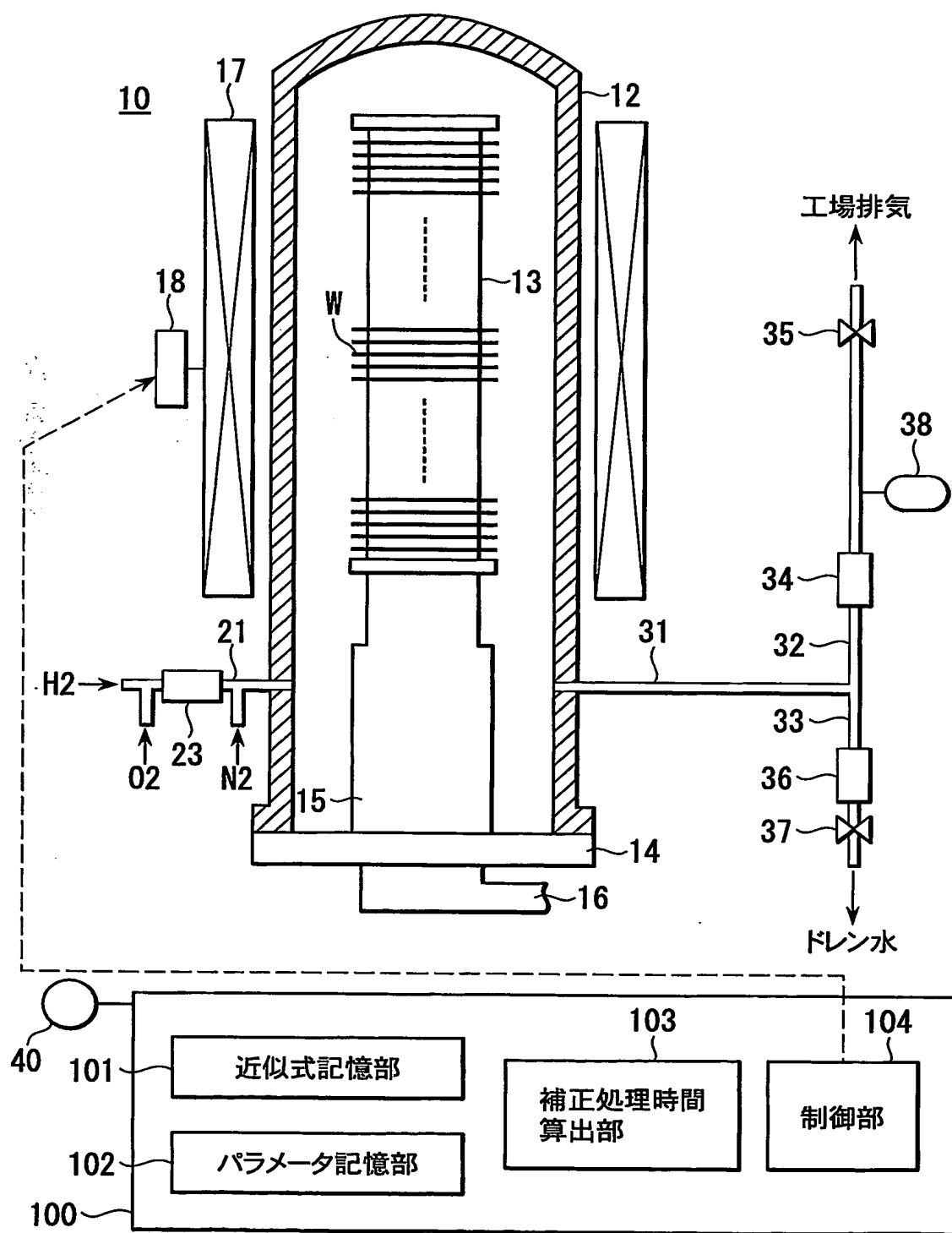


FIG. 1

2/3

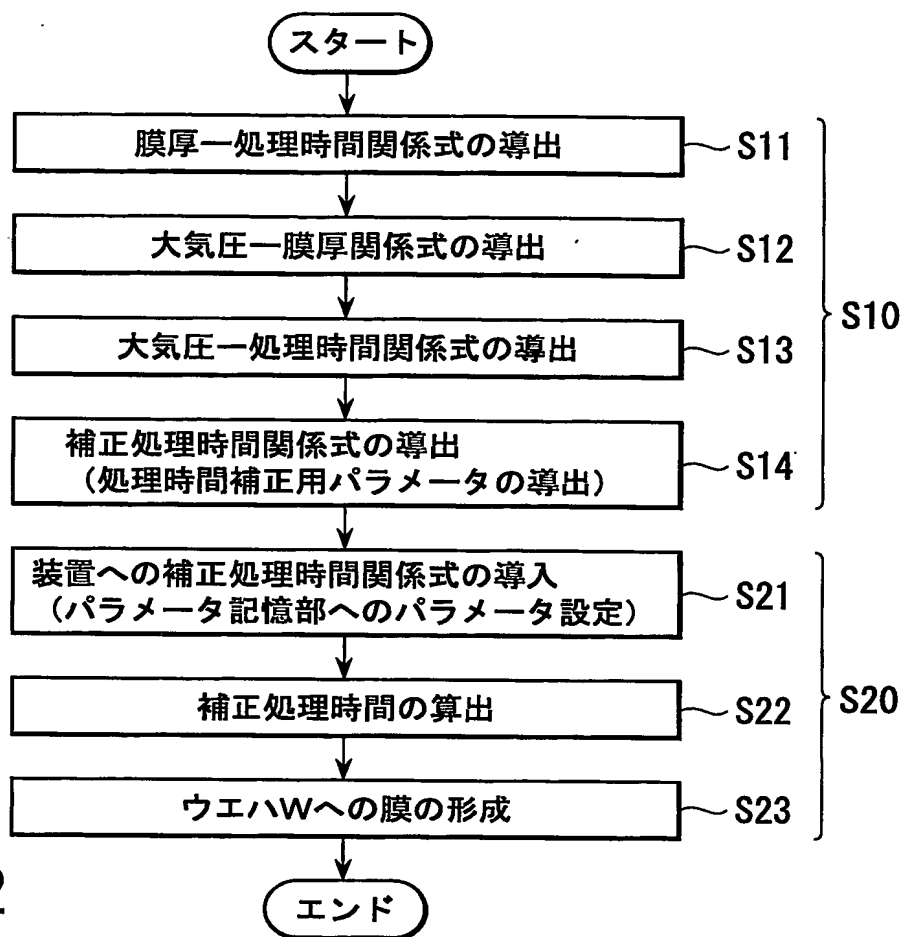


FIG. 2

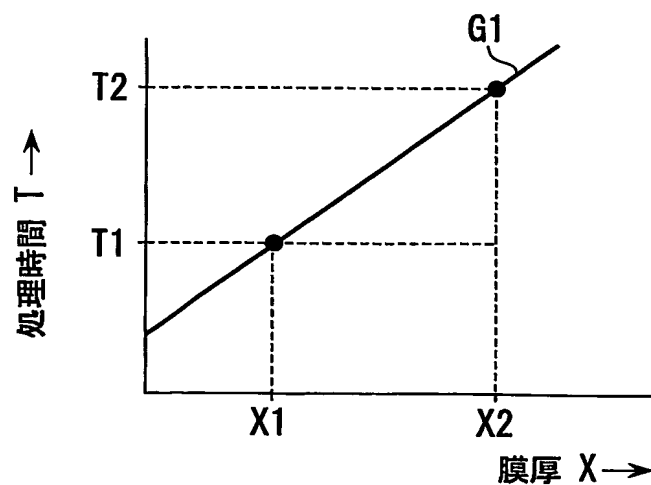


FIG. 3

3/3

FIG. 4

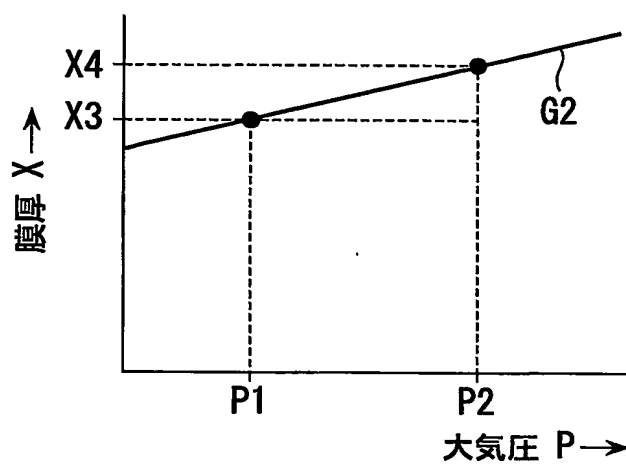


FIG. 5

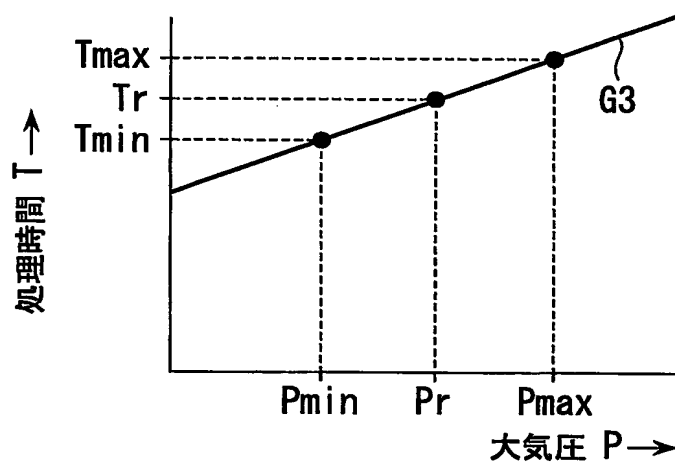
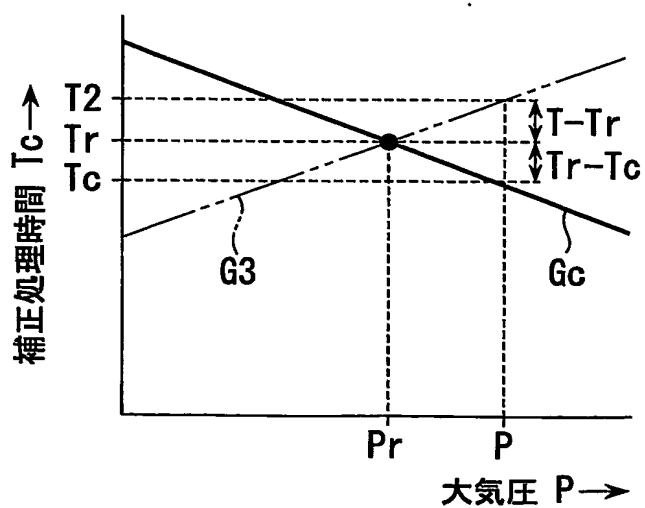


FIG. 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/04718

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ H01L21/31

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl.⁷ H01L21/31

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 4-125947 A (Fujitsu Ltd.), 27 April, 1992 (27.04.92), Full text (Family: none)	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
16 July, 2003 (16.07.03)

Date of mailing of the international search report
12 August, 2003 (12.08.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ H01L21/31

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ H01L21/31

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2003年

日本国登録実用新案公報 1994-2003年

日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 4-125947 A (富士通株式会社), 1992. 04. 27, 全文 (ファミリなし)	1-9

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16. 07. 03

国際調査報告の発送日

12.08.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田代 吉成



4R

9448

電話番号 03-3581-1101 内線 3470